

**This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

WEST**End of Result Set**☐ **Generate Collection**

L2: Entry 1 of 1

File: JPAB

Nov 21, 1995

PUB-NO: JP407307293A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 07307293 A
TITLE: MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR DEVICE

PUBN-DATE: November 21, 1995

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

KADOMURA, SHINGO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

SONY CORP

APPL-NO: JP06097631

APPL-DATE: May 11, 1994

INT-CL (IPC): H01L 21/205; C23C 16/50; H01L 21/31; H01L 21/316

ABSTRACT:

PURPOSE: To reduce a residual hydroxyl group and organic matter in a film by keeping plasma density within a specified range by using a raw material gas mainly comprising an organic silane gas, steam, an oxygen-base gas and a fluorine-base gas and forming a silicon-oxide insulating film on a substrate to be treated.

CONSTITUTION: Both a barrier metal layer 21 functioning as an adhesive layer in combination and an Al metallization layer 22 are formed onto an inter-layer insulating film 20 on a semiconductor substrate through sputtering, etc. A resist mask is shaped by a chemical amplification resist and excimer laser lithography, and the Al metallization layer 22 and the barrier metal layer 21 functioning as the adhesive layer in combination are patterned. An SiOF inter-layer insulating film 23 is formed through a plasma CVD method using a plasma CVD device with a high-density plasma source capable of generating plasma density from $1 \times 10^{11}/\text{cm}^3$ to $1 \times 10^{14}/\text{cm}^3$ by employing a raw material gas mainly comprising an organic silane gas such as TEOS, steam, an O gas and an F gas.

COPYRIGHT: (C) 1995, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-307293

(43)公開日 平成7年(1995)11月21日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

室内整理番号

FI

技術表示箇所

H O 1 L 21/205

C 2 3 C 16/50

H0 1 L 21/31

21/316

X

H0 1 L 21/ 31

C

審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平6-97631

(22)出願日 平成6年(1994)5月11日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 門村 新吾

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
一株式会社内

(74)代理人 弁理士 高橋 光男

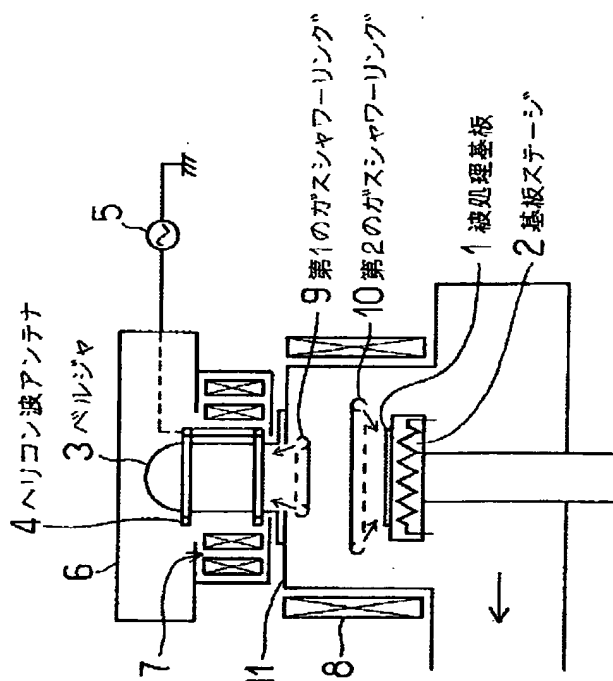
(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法

(57) 【要約】

【目的】 有機シラン系ガスによるCVD法により、残留水酸基や有機成分が低減され、セルフフロー特性に優れたSiOF系低誘電率層間絶縁膜有する半導体装置の製造方法を提供する。

【構成】 ヘリコン波プラズマCVD装置等高密度プラズマを発生しうるプラズマCVD装置を用い、第1のガスシャワーリング9からはO系ガスとF系ガスを、第2のガスシャワーリング10からTEOSとH₂Oを供給する。

【効果】 酸化・脱水反応の促進および中間重合体構造の制御により、膜質の優れた低誘電率平坦化層間絶縁膜の形成が可能となる。塩基性ガスをさらに添加すれば、その触媒作用によりこの効果は一層徹底される。これらの効果により、配線容量が低減された信頼性の高い半導体装置の製造が可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 有機シラン系ガス、水蒸気、O系ガスおよびF系ガスを主体とする原料ガスを用い、 $1 \times 10^{11} / \text{cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ 未満のプラズマ密度を発生しうるプラズマ発生源を有するプラズマCVD装置を用いたプラズマCVD法により、被処理基板上に酸化シリコン系絶縁膜を形成する工程を有することを特徴とする、半導体装置の製造方法。

【請求項2】 有機シラン系ガスおよび水蒸気は被処理基板近傍に供給し、O系ガスおよびF系ガスはプラズマ発生源内部に供給することを特徴とする、請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項3】 原料ガスに更に塩基性ガスを添加することを特徴とする、請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項4】 有機シラン系ガス、水蒸気および塩基性ガスは被処理基板近傍に供給し、O系ガスおよびF系ガスはプラズマ発生源内部に供給することを特徴とする、請求項3記載の半導体装置の製造方法。

【請求項5】 塩基性ガスは、 NH_3 、 N_2H_4 、 N_2H_4 誘導体およびアルキルアミンからなる群から選ばれる少なくとも1種であることを特徴とする、請求項3記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は半導体装置の製造方法に関し、更に詳しくは段差や凹部を有する下地上に形成して平坦な表面を得ることができるとともに、膜質に優れた低誘電率の酸化シリコン系絶縁膜を形成する工程を含む半導体装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】LSI等の半導体装置の高集積化が進展し、そのデザインルールがサブハーフミクロンからクォータミクロンのレベルへと微細化されるに伴い、内部配線のパターン幅も縮小されつつある。一方配線抵抗を低いレベルに保ち信号伝播の遅延や各種マイグレーションを防止するには、Cu等低抵抗の配線材料の採用もさることながら、配線の断面積を確保することが必要である。すなわち配線の高さはある程度必要であることから、配線のアスペクト比は増加の傾向にある。

【0003】かかる微細配線を多層配線として用いる場合には、下層配線により形成された段差や凹部上に平坦化層間絶縁膜を形成してフラットな表面を確保し、この上に上層配線を形成するプロセスを繰り返すことが必要となる。このため平坦性と膜質にすぐれた層間絶縁膜の形成方法が高集積度半導体装置のキーププロセスの1つとなっている。

【0004】従来より各種の平坦化層間絶縁膜の形成方法が開発されており、例えば月間セミコンダクター・ワールド誌（プレスジャーナル社刊）1989年11月号

81ページにはこれら形成方法の総説が掲載されている。このうち、TEOS (Tetraethyl orthosilicate、あるいは Tetraethoxy silane) 等の有機シランガスと、 O_2 または O_3 とを原料ガスとしたCVD法による酸化シリコン系の絶縁膜は、成膜時に下地段差を吸収して良好なステップカバリッジを得ることができるいわゆるセルフフロープロセスとして注目されている。中でもプラズマCVDによれば、400℃程度迄反応温度を下げられることから、Al系金属配線上の層間絶縁膜としての利用も可能となりつつある。

【0005】このTEOSを原料ガスとするプラズマCVD層間絶縁膜のステップカバリッジの更なる改良プロセスとして、気体の H_2O （水蒸気）を酸化剤として用いる方法が第38回応用物理学関係連合講演会（1991年春期年会）講演予稿集p632、講演番号29p-V-8及び29p-V-9に提案されている。これは H_2O とTEOSが気相中で中間重合体をつくり、これが下地の配線材料やSi基板、 SiO_2 等の絶縁膜の表面に優先的に吸着し、この吸着面でさらに縮重合反応を起こして SiO_2 が形成される表面反応およびその繰り返しを利用することにより、下地表面の依存性なくステップカバリッジの向上を図るものである。

【0006】一方、半導体装置内での信号伝播の遅延を防止する意味から、層間絶縁膜の比誘電率の低減による寄生容量の低下も重要課題である。従来より低誘電率材料としてポリイミドや酸素添加SiBN等が検討されているが、一般的な絶縁材料である SiO_2 にFを添加した SiO_2F_x （以下 SiOF と記す）は、成膜プロセスの連続性という観点からも注目されている。一例としてTEOS/ O_2 / CF_4 系原料ガスによるプラズマCVD方法が1993 Dry Process Symposium 予稿集163ページ講演番号V-2に掲載されている。この方法によれば、CVD- SiO_2 絶縁膜に6at%程度のFを含有させることにより、比誘電率を4.1程度から3.2程度まで低減できるとしている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上述した形成方法による絶縁膜は、膜質やステップカバリッジ等層間絶縁膜に要求される諸特性をすべての面で満足している訳ではない。例えば、 H_2O は酸化作用が弱く、形成された層間絶縁膜や中間重合体中に水酸基や有機成分が多く残留する。このため層間絶縁膜中からのガス脱離やこれに起因する膜の収縮やクラックの発生、耐圧の低下、さらにはAl系金属配線を使用した場合のアフターコロージョン発生の問題等が残る。

【0008】また上述した SiOF は中間生成物の構造制御によるステップカバリッジやギャップフィル特性、さらに残留カーボンの低減等に関しては配慮が払われて

いない。

【0009】ところで、本願出願人は先に出願した特願平5-022197号明細書において、原料ガス中に反応触媒として塩基性ガスを添加することにより、脱水縮合の反応速度を飛躍的に高める方法を提案した。このプロセスにより、膜中の水酸基を減少するとともに、残留カーボンを低減し、セルフフロー形状に優れた分子量の大きい反応生成物を得て、層間絶縁膜のステップカバリッジを向上することが可能となった。

【0010】本発明の課題は上記各従来技術を更に改良し、プラズマCVD条件を最適化することにより膜中の残留水酸基や有機物が低減され、しかもセルフフロー特性に優れた平坦面を持つ酸化シリコン系絶縁膜を有する半導体装置の製造方法を提供することである。

【0011】本発明の他の課題は成膜後のガス脱離やこれに伴う膜の収縮やクラックの発生、耐圧の低下がなく、さらにはAl系金属配線を用いた場合にあってはアフターコロージョン発生の虞れのない、信頼性に優れた酸化シリコン系絶縁膜を有する半導体装置の製造方法を提供することである。

【0012】さらに本発明の別の課題は層間絶縁膜の比誘電率を低減し、配線間容量の小さい高速半導体装置の製造方法を提供することである。本発明の上記以外の課題は、本願明細書および添付図面の説明により明らかにされる。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体装置の製造方法は、上記の課題を解決するために提案するものであり、有機シラン系ガス、水蒸気、O系ガスおよびF系ガスを主体とする原料ガスを用い、 $1 \times 10^{11} / \text{cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ 未満のプラズマ密度を発生しうるプラズマ発生源を有するプラズマCVD装置を用いたプラズマCVD法により、被処理基板上に酸化シリコン系絶縁膜を形成するものである。

【0014】 $1 \times 10^{11} / \text{cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ 未満のプラズマ密度を発生しうるプラズマ発生源を有するプラズマCVD装置としては、ヘリコン波プラズマ(Helicon Wave Plasma)CVD装置、ICP(Inductively Coupled Plasma)CVD装置、TCP(Transformer Coupled Plasma)CVD装置、ECR(Electron Cyclotron Resonance)プラズマCVD装置等を例示できる。これら各高密度プラズマ装置についての技術的説明は、個々の技術リポート等に詳述されているので省略するが、総説としては月間セミコンダクターワールド誌(プレスジャーナル社刊)1992年10月号59ページに掲載されている。

【0015】上記プラズマCVD装置によりプラズマCVDを行う場合、有機シラン系ガスおよび水蒸気は被処

理基板近傍にガス供給リング等により供給し、O系ガスおよびF系ガスはプラズマ発生源内部に供給することが望ましい。

【0016】原料ガスには更に塩基性ガスを添加することが望ましい。この場合、塩基性ガスは有機シラン系ガス、水蒸気とともに被処理基板近傍にガス供給リング等により供給することが望ましい。

【0017】

【作用】本発明のポイントは、TEOS等の有機シラン系ガス、水蒸気、O系ガスおよびF系ガスを主体とする原料ガスを用い、 $1 \times 10^{11} / \text{cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ 未満のプラズマ密度を発生しうる高密度プラズマ発生源を有するプラズマCVD装置を用いたプラズマCVD法により、被処理基板上に酸化シリコン系絶縁膜を形成する点にある。

【0018】先に述べたように、TEOS/H₂O系によるプロセスは、TEOSすなわち(RO)₄-Siを予め気相重合させ、2量体である(RO)₃-Si-(RO)₃や3量体さらに高次の重合体を形成しておき、これら中間重合体を加熱された被処理基板に供給することにより、基板上での表面マイグレーションや表面反応を制御するのである。なおRO-はアルコキシ基、TEOSの場合にはエトキシ基を示すものとする。このようにTEOSを気相重合させ中間生成物の構造を制御し、1部のアルキル基R-やアルコキシ基RO-をCO₂やH₂Oの形で酸化除去しておくことにより、(-Si-O-Si-)nのシロキサンネットワークがよりスムーズに形成される。

【0019】しかしながら、H₂Oは酸化力が弱く膜中の水酸基やH₂Oの残存が問題視されている。本発明はF系ガスを添加することにより、これら-OH基やH₂OからHをHFの形で引き抜き反応を利用する。これに加え別途O系ガスを添加し、水蒸気の酸化力を補うのである。さらに、高密度プラズマ発生源を用いることにより、原料ガスの解離を促進し-OH基やH₂OからのH引き抜き効果が徹底される。なおF系ガス添加によるSi-F結合形成による酸化シリコン系絶縁膜の低誘電率化のメカニズムそのものは従来と変わることはない。

【0020】本発明は以上にあげた作用を基本的な技術思想とするが、より一層の膜質向上のため、原料ガス中にさらに塩基性ガスを添加する方法を提案する。これは、高密度プラズマ発生源により有機シラン系ガスの解離が過度となり、膜中の残存カーボンが増加する懸念に対する対策である。すなわち、NH₃をはじめとする塩基性ガスは触媒的に作用し、有機シラン系ガスの脱水縮合反応速度を高めるとともに、プラズマ中に解離生成するN^{*}によるカーボンの引き抜き効果により膜中の残存カーボンを大幅に低減するのである。

【0021】以上述べた各作用の総合により、膜中の残留水酸基やH₂O、カーボンの含有量の少ない、しかも

ステップカバリッジやギャップフィル性能に優れたSiOF系絶縁膜を形成することが可能となる。

【0022】ところで、従来一般的にプラズマCVD装置として採用されている平行平板型プラズマCVD装置は、プラズマ密度として $1 \times 10^9 / \text{cm}^3$ 台、磁界を併用するマグネトロン型装置であっても $1 \times 10^{10} / \text{cm}^3$ オーダのプラズマ密度であり、プラズマ密度や原料ガスの解離効率の点で不十分である。しかし本発明の趣旨に基づき、有機シラン系ガス/水蒸気/O系ガス/F系ガスないしはこれに塩基性ガスを添加した原料ガスを用いれば、従来のガス系による酸化シリコン系絶縁膜よりは優れた膜質を得ることが可能である。

【0023】一方、プラズマ密度の上限値については原料ガス圧力と密接な関連があり、本発明で採用する高密度プラズマ発生源を有するプラズマCVD装置の主たる動作圧力である 10^{-1} Pa台ガス圧力においては、 $1 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ のプラズマ密度はほぼ完全解離に近い値である。

【0024】

【実施例】以下、本発明の具体的実施例につき図面を参照しながら説明する。

【0025】実施例1

始めに本実施例で用いるヘリコン波プラズマCVD装置の一構成例につき、図1に示す概略断面図を参照して説明する。

【0026】ヘリコン波プラズマ発生源は、石英またはアルミナ等からなるベルジャ3を周回するヘリコン波アンテナ4、ヘリコン波プラズマ電源5、マッチングネットワーク6およびソレノイドコイルアセンブリ7等から構成する。このうちソレノイドコイルアセンブリ7は、ヘリコン波の伝播に寄与する内周コイルと、生成したプラズマの輸送に寄与する外周コイルからなる。CVDチャンバ11内には被処理基板1を載置した基板ステージ2、被処理基板1近傍の第2のガスシャワーリング10およびプラズマ発生源直下の第1のガスシャワーリング9の各々をベルジャ3に対し軸対象に配置する。この第1のガスシャワーリング9は、ベルジャ3内に向け処理ガス噴出する複数のノズルが開口している。なおマッチングネットワーク6をベルジャ3の側面に配設する場合には、ベルジャ3頂部にノズルを設け、ここから第1のガスを供給してもよい。基板ステージ2は温度制御手段、基板バイアス印加手段等を有していてもよい。8はエッチングチャンバ11内の発散磁界を制御するマルチポール磁石である。本装置によれば、ヘリコン波アンテナ4の構造特性により、 $10^{13} / \text{cm}^3$ オーダの高密度プラズマを用いたプラズマCVDが可能である。なお同図では真空ポンプ、ゲートバルブ、搬送系等の装置細部は図示を省略する。

【0027】本実施例は、上記プラズマCVD装置を用い、TEOS/H₂O/O₂/C₂F₆を原料ガスとし

て用いてAl系金属配線上の層間絶縁膜を形成した例であり、これを図3(a)~(c)を参照して説明する。

【0028】まず図示しないSi等の半導体基板上の層間絶縁膜20上にTi/TiN等からなる密着層兼バリアメタル層21とAl-1%Si等によるAl系金属配線層22と共にスパッタリング等で形成する。層間絶縁膜20には、Si等の半導体基板に形成された不純物拡散層に臨む、図示しない接続孔が形成されていてもよい。なお密着層兼バリアメタル層21の厚さは一例としてTi層が30nm、TiN層が40nmで合計70nm、Al系金属配線層22の厚さは一例として500nmである。この状態が図3(a)である。

【0029】つぎに化学増幅型レジストとエキシマレーザリソグラフィによりレジストマスクを形成し、BCl₃/Cl₂混合ガス等のCl系ガスにより、Al系金属配線層22と密着層兼バリアメタル層21をパターンニングする。パターン幅、スペース幅は共に一例として0.35μmである。なおAl系金属配線層22上にSiON等からなる反射防止層を形成しておけば、リソグラフィの精度が向上する。この状態が図3(b)である。

【0030】図3(b)の状態の被処理基板1を図1に示すヘリコン波プラズマCVD装置の基板ステージ2に載置し、一例として下記条件によりSiOF系層間絶縁膜23を形成する。形成後の状態が図3(c)である。第2のガスシャワーリング10より

TEOS 20 sccm

H₂O(水蒸気) 50 sccm

第1のガスシャワーリング9より

C₂F₆ 20 sccm

O₂ 50 sccm

ガス圧力 0.13 Pa

ヘリコン波プラズマ電源パワー 2500 W(13.56MHz)

【0031】上記プラズマCVD過程においては、まずヘリコン波プラズマ発生源での放電により、第1のガスシャワーリング9から供給するC₂F₆とO₂が解離して多量のOおよびFの活性種を含む高密度プラズマが形成する。この高密度プラズマを、ソレノイドコイルアセンブリ7の外周コイルが形成する磁界に沿ってCVDチャンバ11に輸送する。一方、第2のガスシャワーリング10から供給するTEOS/H₂Oは、高密度プラズマにより気相中で効果的に中間重合体を生成し、この中間重合体はマイグレートしながら被処理基板上に堆積する。このとき、プラズマ中のFの活性種は一部堆積膜中に取り込まれるとともに、堆積膜中の-OH基やH₂OからHをHFの形で引き抜き、膜質を改善しながらSiOF絶縁膜を形成する。本実施例によれば、C₂F₆とH₂O添加効果およびヘリコン波プラズマ発生源による高密度プラズマの相乗効果により、水酸基や有機成分の少ないセルフフロー性に優れた低誘電率の層間絶縁膜

が形成できる。

【0032】実施例2

本実施例は、ヘリコン波プラズマ発生源とICP (Inductively Coupled Plasma) 発生源を有するハイブリッド型のプラズマCVD装置を用いて酸化シリコン系絶縁膜を形成した例であり、始めにこのプラズマCVD装置の一構成例につき、図2に示す概略断面図を参照して説明する。

【0033】本装置は実施例1で用いたヘリコン波プラズマCVD装置と基本的には同じ構成であるので、特徴部分のみの説明にとどめ、同じ機能の部分には図1と同一の参照番号を付すものとする。図2に示す本装置の特徴部分は、CVDチャンバ11上部の側壁を石英等誘電体材料からなるシリンドラ12で構成し、この外周を大型のマルチターンアンテナ13で巻回した点にある。14はマルチターンアンテナ13に電力を供給するICP電源である。ベルジャ3およびシリンドラ12は共に被処理基板1の中心軸に対し軸対象に構成する。したがってベルジャ3から発散するヘリコン波プラズマを、マルチターンアンテナ13の発生する磁界が効率よく引き出すとともにこれを閉じ込め、シリンドラ12やCVDチャンバ11内壁と活性種との反応を抑制し、被処理基板に対し $2 \sim 5 \times 10^{13} / \text{cm}^3$ の高密度プラズマによる均一なプラズマCVDを施すことが可能である。

【0034】本実施例では、上記プラズマCVD装置を用い、TEOS/H₂O/NH₃/O₂/C₂F₆を原料ガスとして用いてA1系金属配線上の層間絶縁膜を形成した例であり、これを同じく図3(a)～(c)を参照して説明する。

【0035】図3(a)、および図3(b)に示す被処理基板は実施例1と同じであるので説明を省略する。この被処理基板1を図2に示すプラズマCVD装置の基板ステージ2にセッティングし、一例として下記条件によりSiOF系層間絶縁膜23を形成する。形成後の状態が図3(c)である。

第2のガスシャワーリング10より

TEOS	20	sccm
H ₂ O (水蒸気)	50	sccm
NH ₃	20	sccm

第1のガスシャワーリング9より

C ₂ F ₆	20	sccm
O ₂	50	sccm

ガス圧力 0.13 Pa

ヘリコン波プラズマ電源パワー 2500 W (13.56 MHz)

ICP電源パワー 900 W (2 MHz)

【0036】上記プラズマCVD過程においては、まずヘリコン波プラズマ発生源での放電により、第1のガスシャワーリング9から供給するC₂F₆とO₂が解離し

て多量のOおよびFの活性種を含む高密度プラズマを形成する。この高密度プラズマを、ソレノイドコイルアセンブリ7の外周コイルが形成する磁界およびマルチターンアンテナ13が発生する磁界によりCVDチャンバ11に輸送する。一方、第2のガスシャワーリング10から供給するTEOS/H₂Oは高密度プラズマにより気相中で効果的に中間重合体を生成し、この中間重合体はマイグレートしながら被処理基板上に堆積する。このとき、プラズマ中のFの活性種は一部堆積膜中に取り込まれるとともに、堆積膜中の-OH基やH₂OからHをHFの形で引き抜く反応を促進する。一方、NH₃はTEOSの脱水縮合反応速度を高めるとともに、プラズマ中に解離生成するN⁺によるカーボンの引き抜き反応に関与し、膜質を改善しながらSiOF絶縁膜を形成する。本実施例によれば、C₂F₆、H₂OおよびNH₃の添加効果およびヘリコン波プラズマ/ICPハイブリッド型プラズマ発生源による高密度プラズマの相乗効果により、水酸基や残留カーボンおよび有機成分の少ないセルフフロー性に優れた低誘電率の層間絶縁膜が形成できる。

【0037】以上、本発明を2例の実施例をもって説明したが、本発明はこれら実施例に何ら限定されるものではない。

【0038】有機シラン系ガスとしてTEOSを例示したが、Tetramethyl orthosilicate (TMOS)、Diacetoxy ditertiallybutoxy silane (DADB S)、Tetraethyl silane (TES)、Tetramethyl silane (TMS) 等他の有機シラン系ガスを適宜使用することができる。またこれら有機シラン系ガスにSiH₄、Si₂H₆等無機系のシランガスを添加してもよい。

【0039】またPH₃、B₂H₆、AsH₃やTrimethylphosphate (TMP)、Trimethylborate (TMB) 等の不純物ソースガスを添加してPSG、BSG、BPSG、AsSG等のシリケートガラスを形成することも可能である。

【0040】塩基性ガスとしてNH₃を例示したがHydrazine (N₂H₂) やその誘導体、CH₃NH₂、C₂H₅NH₂、NH₂(CH₂)₂NH₂等のアルキルアミンを使用することも可能である。

【0041】F系ガスとしてC₂F₆を用いたが、CF₄、C₃F₈、SiF₄やNF₃等プラズマ中にFの活性種を生成しうるガスを用いることができる。

【0042】その他、希釈ガスとしてHeやAr等の希ガス、更に他のNO₂やO₃等の酸化剤を混合して用いてもよい。

【0043】高密度プラズマ発生源としてヘリコン波プラズマおよびヘリコン波プラズマ/ICPハイブリッド方式を例示したが、他にTCP、ECRプラズマ等1×

$1.0^{11}/\text{cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{14}/\text{cm}^3$ 未満のプラズマ密度を発生しうるプラズマ発生源を任意に用いてよい。

【0044】前述の実施例は、Al系金属配線上の層間絶縁膜を形成する場合について例示したが、ポリシリコンやシリサイド、高融点金属等他の配線材料層を用いる場合や、最終パッシベーション膜として用いる場合、さらにはトレンチアイソレーションをボイドの発生なく平坦に埋め込む場合等に適用することもできることは言うまでもない。

【0045】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によれば有機シラン系ガス、 H_2O 、O系ガスおよびF系ガスとを主体とする原料ガスを用い、高密度プラズマCVD法により酸化シリコン系絶縁膜を形成することにより、下記の効果が得られる。

【0046】すなわち、従来のCVD法と比較して、膜中の残留水酸基、 H_2O や有機物が少なく、セルフフロー特性に優れた酸化シリコン系絶縁膜を形成することが出来また塩基性ガスをさらに添加すれば、膜中の残留カーボンの低減が達成される。形成される酸化シリコン系絶縁膜は、Si-F結合を含むSiOF低誘電率膜である。

【0047】これらの効果により、 $0.5\mu\text{m}$ 以下の微細な段差凹部でもボイドの発生なく埋め込むことが可能であると同時に、配線間容量が低減された高速デバイスを信頼性高く製造することが可能となった。成膜された酸化シリコン系絶縁膜は膜収縮やクラックの発生がないので、Al系金属配線を用いた場合にもアフターコージョンやマイグレーションの発生の虞れがない。

【0048】以上の効果により、多層配線の多用により高段差を有する半導体装置の平坦化層間絶縁膜等の信頼性を高めることが可能となり、微細なデザインルールに

基づく高性能半導体装置の製造プロセスに本発明が奏する効果は極めて大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1用いたヘリコン波プラズマCVD装置の構成例を示す概略断面図である。

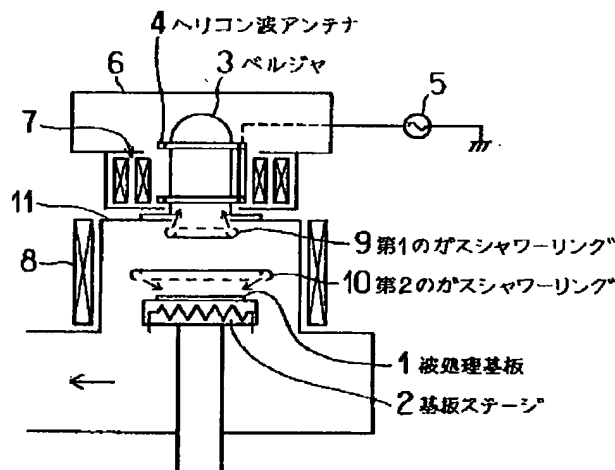
【図2】本発明の実施例2用いたヘリコン波プラズマ/ICPハイブリッド型プラズマCVD装置の構成例を示す概略断面図である。

【図3】本発明の実施例1および実施例2のプロセスを説明する概略断面図であり、(a)は層間絶縁膜上にAl系金属配線層を形成した状態、(b)Al系金属配線層をパターニングした状態、(c)は酸化シリコン系絶縁膜からなる平坦化層間絶縁膜を形成した状態である。

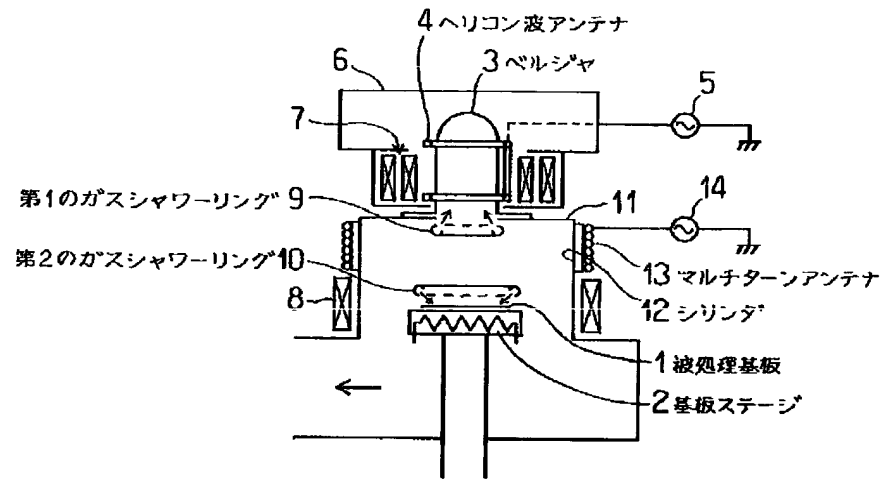
【符号の説明】

- | | |
|----|----------------|
| 1 | 被処理基板 |
| 2 | 基板ステージ |
| 3 | ベルジヤ |
| 4 | ヘリコン波アンテナ |
| 5 | ヘリコン波プラズマ電源 |
| 6 | マッチングネットワーク |
| 7 | ソレノイドコイルアッセンブリ |
| 8 | マルチポールアンテナ |
| 9 | 第1のガスシャワーリング |
| 10 | 第2のガスシャワーリング |
| 11 | 被処理基板 |
| 12 | シリンドラ |
| 13 | マルチターンアンテナ |
| 14 | ICP電源 |
| 20 | 層間絶縁膜 |
| 21 | 密着層兼バリアメタル層 |
| 22 | Al系金属配線層 |

【図1】



【図2】



【図3】

